

99P7255

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 195 32 602 C 1

⑮ Int. Cl. 8:  
H 03 H 3/08  
H 01 L 41/09

DE 195 32 602 C 1

- ⑯ Aktenzeichen: 195 32 602.4-32  
⑯ Anmeldetag: 4. 9. 95  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 3. 4. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

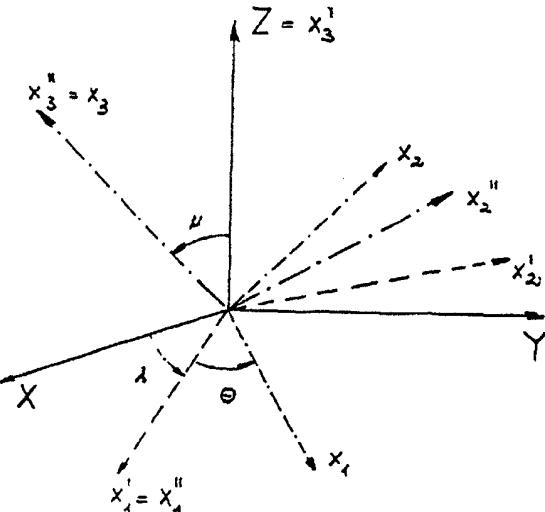
⑯ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:  
Wagner, Karl Christian, Dr., 82031 Grünwald, DE;  
Ruppel, Clemens, Dr., 85551 Kirchheim, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
EP 06 14 271 A1  
SU 13 09 836  
Datenbank: WPIDS auf STN, London Derwent Information Ltd., benutzt am 19.4.96, AB;  
J. DETAIN u.a., Bulk Wave Propagation and Energy Trapping in the New Thermally Compensated Materials with Trigonal Symmetry, in: 1994 IEEE International Frequency Control Symposium, S.58-71;

⑯ Piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit

⑯ Bei einem piezoelektrischen Kristallelement aus Langasit -  $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$  - liegen die Euler-Winkel einer im wesentlichen ebenen akustischen Oberflächenwellen führenden Fläche (2) für OFW-Anordnungen bei  $\lambda$  im Bereich von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  oder  $30^\circ$  bis  $40^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $85^\circ$  bis  $95^\circ$ ,  $80^\circ$  bis  $70^\circ$  oder  $30^\circ$  bis  $40^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$ .



DE 195 32 602 C 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit ( $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ ) nach dem Oberbegriff der Patentansprüche 1, 3 und 5.

Für akustische Oberflächenwellenanordnungen — OFW-Anordnungen —, wie z. B. OFW-Filter, OFW-Verzögerungsleitungen, OFW-Identifizierungsmarken oder OFW-Sensoren, werden piezoelektrische Kristallelemente mit mindestens einer ebenen Fläche verwendet. Auf dieser ebenen Fläche werden akustische Oberflächenwellen mit einer bestimmten Ausbreitungsrichtung angeregt. Die Lage der ebenen Fläche und der Wellenausbreitungsrichtung bezüglich der Kristallachsen, d. h. die sogenannte Kristallschnittrichtung, wird durch drei Euler-Winkel  $\lambda$ ,  $\mu$  und  $\Theta$  beschrieben.

Für die Gesamtheit der Ausführungsformen von OFW-Anordnungen ist für den benutzten Kristallschnitt ein möglichst hoher elektroakustischer Kopplungsfaktor der Oberflächenwelle bei verschwindendem oder mäßigem Beam-Steering-Winkel günstig. Der Beam-Steering-Winkel ist der Winkel zwischen der Richtung des Energieflusses der Welle und der Richtung des Wellenvektors.

Für OFW-Temperatursensoren sind Kristallschnitte erforderlich, die sich durch einen hohen elektroakustischen Kopplungsfaktor und gleichzeitig einen möglichst hohen Betrag des Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit auszeichnen.

Bisher bekannt sind einerseits Kristallschnitte, die sich durch sehr niedrige Absolutwerte des Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit oder des Temperaturkoeffizienten der Geschwindigkeit auszeichnen. Zwei Schnitte mit verschwindendem Temperaturkoeffizienten der Geschwindigkeit sind die Schnitte mit den Euler-Winkel  $\lambda = 90^\circ$ ,  $\mu = 71,8^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$  sowie  $\lambda = 90^\circ$ ,  $\mu = 90^\circ$  und  $\Theta = 176,3^\circ$ .

Andererseits ist der sogenannte XY-Schnitt bekannt, der mit 0,48% einen relativ hohen Kopplungsfaktor besitzt. Allerdings hat der Beam-Steering-Winkel einen hohen Wert von über  $8^\circ$ . Der Temperaturkoeffizient der Verzögerungszeit beträgt  $-48 \text{ ppm}$ , während die Phasengeschwindigkeit der Oberflächenwelle auf unmetallisierter Oberfläche  $2425 \text{ m/s}$  beträgt.

Die vorstehend genannten Sachverhalte sind beispielsweise aus 1994 "IEEE International Frequency Control Symposium", Seiten 58 bis 71 bekannt.

Bei Kristallelementen aus Langasit sind OFW-Temperatursensoren auf Kristallschnitten der obengenannten Art mit hohem elektroakustischen Kopplungsfaktor und gleichzeitig möglichst hohem Betrag des Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit nicht bekannt. Generell ist das Wissen über günstige Langasit-Kristallschnitte für OFW-Anordnungen sehr gering, da dieses Material bisher vorwiegend als Piezoelektrikum für akustische Volumenschwinger eingesetzt und nur seine diesbezüglich relevanten Eigenschaften untersucht wurden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für Kristallelemente aus Langasit Kristallschnitte bzw. Euler-Winkel anzugeben, die gleichzeitig einen optimalen elektroakustischen Kopplungsfaktor sowie einen möglichst kleinen Beam-Steering-Winkel und einen günstigen Betrag des Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit besitzen.

Diese Aufgabe wird bei einem piezoelektrischen Kristallelement der gattungsgemäßen Art erfindungsgemäß durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils der

Patentansprüche 1, 3 und 5 gelöst.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand jeweiliger Unteransprüche.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsformen gemäß den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Koordinatendiagramm zur Erläuterung von Euler-Winkel; und

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines piezoelektrischen Kristallelementes mit einem Kristallschnitt gemäß den erfindungsgemäßen Euler-Winkel.

Gemäß dem Koordinatendiagramm nach Fig. 1 wird ein dreidimensionales Koordinatensystem X, Y, Z durch Drehung um Euler-Winkel  $\lambda$ ,  $\mu$  und  $\Theta$  in ein Koordinatensystem transformiert, das den gewünschten Kristallschnitt für eine ebene Oberfläche eines piezoelektrischen Kristallelementes definiert. Die Transformation erfolgt dabei so, daß zunächst die XY-Ebene um den Winkel  $\lambda$  um die Z-Achse gedreht wird, woraus das System  $x'_1$ ,  $x'_2$  und  $x'_3 = Z$  entsteht. Sodann wird die  $x'_2$ ,  $x'_3$ -Ebene um den Winkel  $\mu$  um die  $x'_1$ -Achse gedreht, woraus das System  $x''_1 = x'_1$ ,  $x''_2$  und  $x''_3$  entsteht. Schließlich wird die  $x''_1$ ,  $x''_2$ -Ebene um den Winkel  $\Theta$  um die  $x''_3$ -Achse gedreht, woraus das gewünschte Koordinatensystem  $x_1$ ,  $x_2$  und  $x_3 (= x''_3)$  entsteht.

Figur 2 zeigt schematisch ein Kristallelement 1 mit einer ebenen Fläche 2, in der sich eine akustische Oberflächenwelle in  $x_1$ -Richtung ausbreitet. Die übrigen Koordinatenrichtungen sind die  $x_2$ - und  $x_3$ -Richtungen. Dabei stellt  $x_2$  in der Fläche 2 liegend senkrecht auf  $x_1$  und  $x_3$  senkrecht auf der Fläche 2.

Gemäß einer ersten Lösungsvariante der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist ein piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit —  $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$  — vorgesehen, das durch einen Kristallschnitt gebildet wird, der die Euler-Winkel  $\lambda$  im Bereich von  $0^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $85^\circ$  bis  $95^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$  besitzt.

In einer solchen OFW-Anordnung können akustische Oberflächenwellen besonders effektiv angeregt werden, da bei den vorstehend angegebenen Kristallschnitten der elektroakustische Kopplungsfaktor sehr groß ist. Außerdem ist der Betrag des Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit groß, so daß das Kristallelement in der Sensorik als Temperatursensor verwendbar ist. Sind gemäß einer besonderen Ausführungsform die Euler-Winkel  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\mu = 90^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$ , so ergibt sich ein elektroakustischer Kopplungsfaktor von 0,38%, ein Temperaturkoeffizient der Verzögerungszeit von  $-71 \text{ ppm}$ , eine Phasengeschwindigkeit der Oberflächenwelle von  $2355 \text{ m/s}$  und ein Beam-Steering-Winkel von  $0^\circ$ . Dieser Schnitt ist wegen der sehr einfachen Euler-Winkel technologisch besonders einfach zu realisieren.

Gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsvariante ist ein piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit auf einem Kristallschnitt aufgebaut, der die Euler-Winkel  $\lambda$  im Bereich von  $90^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $60^\circ$  bis  $70^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$  besitzt. Ein derartiges Kristallelement zeichnet sich durch hohen elektroakustischen Kopplungsfaktor, mäßigen Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit und verschwindenden Beam-Steering-Winkel aus.

Eine Ausführungsform mit einem Kristallschnitt mit den Euler-Winkel  $\lambda = 90^\circ$ ,  $\mu = 64^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$  besitzt einen elektroakustischen Kopplungsfaktor von 0,38%, einen Temperaturkoeffizient der Verzögerungszeit von  $-46 \text{ ppm}$ , eine Phasengeschwindigkeit der Oberflächenwelle von  $2456 \text{ m/s}$  und einen Beam-Steering-Winkel

kel von  $0^\circ$ .

Gemäß einer dritten Ausführungsvariante ist ein piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit auf einem Kristallschnitt aufgebaut, der die Euler-Winkel  $\lambda$  im Bereich von  $30^\circ$  bis  $40^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $30^\circ$  bis  $40^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$  besitzt. Derartige Kristallschnitte besitzen einen sehr hohen elektroakustischen Kopplungsfaktor bei teilweise verschwindendem Beam-Steering-Winkel und relativ niedrigem Betrag des Temperaturkoeffizienten der Verzögerungszeit. Sind gemäß einer besonderen Ausführungsform die Euler-Winkel  $\lambda = 36^\circ$ ,  $\mu = 36^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$ , so ergibt sich ein elektroakustischer Kopplungsfaktor von 0,49%, ein Temperaturkoeffizient der Verzögerungszeit von  $-38$  ppm, eine Phasengeschwindigkeit der Oberflächenwelle von 15 2582 m/s und ein Beam-Steering-Winkel von  $0^\circ$ .

Aufgrund der Kristallsymmetrie treten zu einem Kristallschnitt mit den Euler-Winkeln  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$  äquivalente Kristallschnitte  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$   $+/- 180^\circ$ ,  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$   $+/- 180^\circ$ ,  $\Theta_0$   $+/- 180^\circ$  mit entweder nur positiven oder nur negativen Vorzeichen  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$   $+/- 120^\circ$ ,  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$   $+/- 60^\circ$ ,  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$  auf.

25

## Patentansprüche

1. Piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit —  $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$  — mit mindestens einer im wesentlichen ebenen, akustische Oberflächenwellen führenden Fläche (2) für OFW-Anordnungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (2) durch Euler-Winkel  $\lambda$  im Bereich von  $0^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $85$  bis  $95^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$  definiert ist.
2. Piezoelektrisches Kristallelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Euler-Winkel  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\mu = 90^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$  sind.
3. Piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit —  $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$  — mit mindestens einer im wesentlichen ebenen akustische Oberflächenwellen führenden Fläche (2) für OFW-Anordnungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (2) durch Euler-Winkel  $\lambda$  im Bereich von  $90^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $60$  bis  $70^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$  definiert ist.
4. Piezoelektrisches Kristallelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Euler-Winkel  $\lambda = 90^\circ$ ,  $\mu = 64^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$  sind.
5. Piezoelektrisches Kristallelement aus Langasit —  $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$  — mit mindestens einer im wesentlichen ebenen akustische Oberflächenwellen führenden Fläche (2) für OFW-Anordnungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (2) durch Euler-Winkel  $\lambda$  im Bereich von  $30^\circ$  bis  $40^\circ$ ,  $\mu$  im Bereich von  $30^\circ$  bis  $40^\circ$  und  $\Theta$  im Bereich von  $0^\circ$  definiert ist.
6. Piezoelektrisches Kristallelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Euler-Winkel  $\lambda = 36^\circ$ ,  $\mu = 36^\circ$  und  $\Theta = 0^\circ$  sind.
7. Piezoelektrisches Kristallelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Euler-Winkel  $\lambda_0$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$   $+/- 180^\circ$  sind.
8. Piezoelektrisches Kristallelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Euler-Winkel  $= \lambda_0$   $+/- 180^\circ$ ,  $\mu_0$   $+/- 180^\circ$ ,  $\Theta_0$   $+/- 180^\circ$  mit nur positiven oder nur negativen Vorzeichen sind.
9. Piezoelektrisches Kristallelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die

Euler-Winkel gleich  $\lambda_0$   $+/- 120^\circ$ ,  $\mu_0$ ,  $\Theta_0$  sind.

10. Piezoelektrisches Kristallelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Euler-Winkel gleich  $\lambda$   $+/- 60^\circ$ ,  $180^\circ - \mu_0$ ,  $\Theta_0$  sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

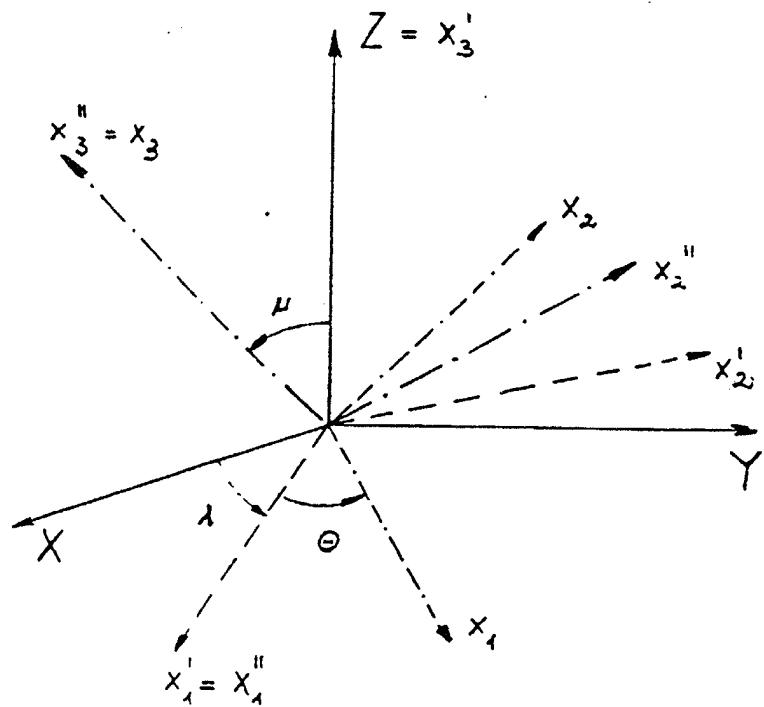


Fig. 1

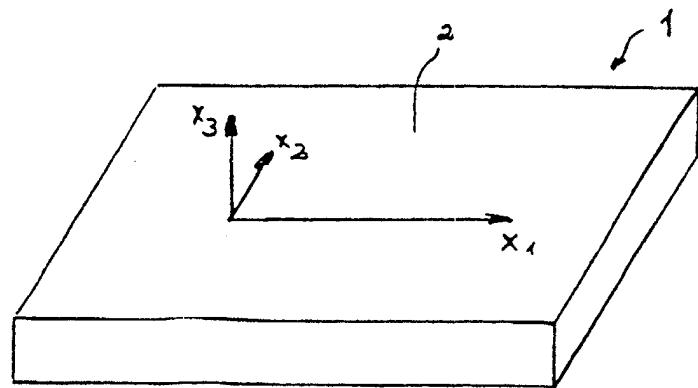


Fig. 2